U.D.C. 621.565.7

# 家庭用電気冷蔵庫における据付条件の性能に及ぼす影響

## Effect of the Setting on the Performance of Household Refrigerator

阿部英夫* Hideo Abe
楠本陽一郎* Yôichirô Kusumoto
山野井利夫* Toshio Yamanoi
本間正和* Masakazu Honma

内容梗概

家庭用電気冷蔵庫の据付状況は，最近の普及に伴ない，アパートの手狭な台所に押し込まれたりあるいは壁わくの中にはめ込まれたりして冷蔵庫の性能上かなり不利な条件におかれている現状である。

本研究は団地アパートにおける冷蔵庫の据付状況の実態を調査し，その状況を種々の装置を用いて工場内で再現させ，据付環境と性能との関係を明らかにしたものである。この結果，日立製作所の冷蔵庫は，実際にありうる最悪の据付条件におかれても，実用使用上十分な性能を発揮できることが確認された。また現地の据付環境を工場内に容易に再現する方法を確立したことは，今後の冷蔵庫研究にとりきわめて有効であった。

### 1. 緒言

家庭用電気冷蔵庫(以下冷蔵庫と略称する)が，その機能を十分に発揮するためには，所定の据付条件が必要であることはいうまでもない。したがって取扱説明書にもこれらの据付条件を明記し，冷蔵庫にとって不利な据え付けをしないよう要求してある。しかし冷蔵庫が生活の必需品としてアパート住いのサラリーマン層にも広く浸透するようになるとアパートの手狭な台所に押し込まれたり，あるいは初めから冷蔵庫用に造られた壁わくの中にはめ込まれたり，好むと好まざるとにかかわらず冷蔵庫にとってかなり過酷な条件のもとで使用される場合が多くなった。このような悪条件のもとでも，われわれの期待しているような性能が発揮されているかどうかを検討してみる必要がある。本稿はアパートにおける冷蔵庫の据付状況の実態調査，それら据付環境の工場内再現方法および据付条件の性能に及ぼす影響などについて調査研究を行なった結果を取りまとめたものである。

### 2. アパートにおける冷蔵庫の据付状況

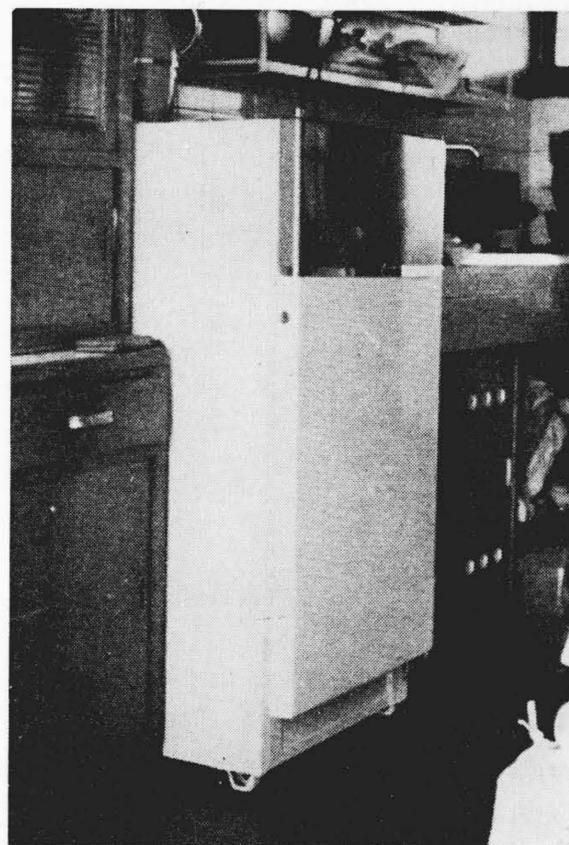
冷蔵庫の取扱説明書には，その据付条件について次のような五つの要求が明記されている。

(1) 日光の直射を受けない，床のじょうぶな所。

(2) ストーブ，ガスコンロ，レンジなどの発熱物からできるだけ離れた所。

(3) 水道，流しなどの近くで絶えず湿気のある場所からできるだけ離れた所。

(4) 空気流通のよい所。冷蔵庫の背面は壁や他の器物と 10 cm 以上の間隔を保つようにする。

(5) 水平に，ガタツキのないように据え付ける。

第1図 アパートの台所の冷蔵庫据付状況の一例
(上野台団地 K氏宅)

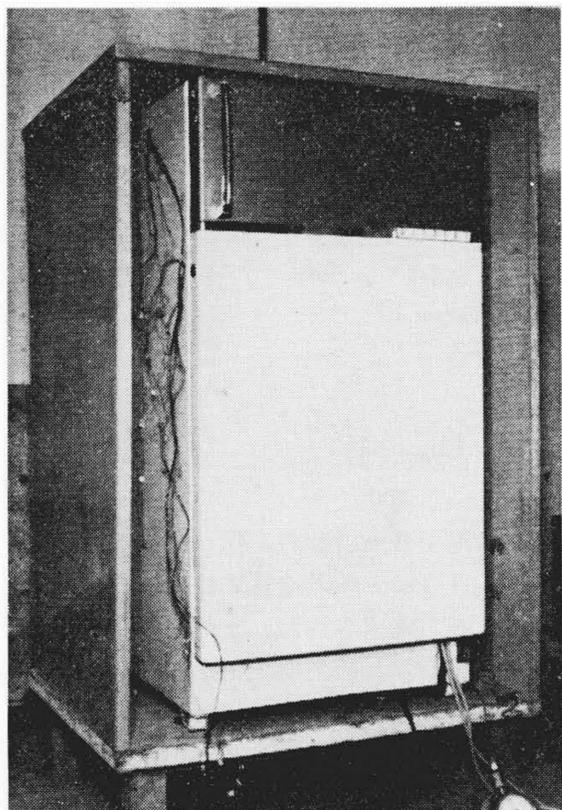
しかしこれらの条件を，アパートの台所の据え付けに要求することはしょせん無理であることは容易に想像できる。筆者らは東京地区の団地を巡回し，冷蔵庫の据付状況の実態について調査した結果

第1表 アパートにおける冷蔵庫の据付状況巡回調査結果

| 機種 | 製造番号 | 顧客名 | アパート名 | 直射日光 | 熱物 | 水湿気 | 空気流通後面距離 | 床 | 台所の大きさ (m×m×m) | 冷蔵庫外壁と他器物との距離 (mm) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | 向左面 | 向右面 | 背面 | 上面 |
| R-60 | 005090 | O 氏 | 烏山公団住宅 | × | ○ | × | ○ | ○ | 2.5×3.5×2.5 | 60 | 360 | 170 | 1,600 |
| R-60 | 110025 | S 氏 | 霞ケ丘団地 | ○ | ○ | ○ | × | ○ | 2×2.5×2 | 70 | 1,500 | 80 | 1,000 |
| R-95 | 105109 | A 氏 | 駒沢住宅 | × | × | ○ | × | ○ | 1.4×2.6×2 | 45 | 330 | 60 | 1,000 |
| R-95 | 114535 | W 氏 | 戸山アパート | × | × | × | × | × | 1.5×2×2.3 | 35 | 110 | 70 | 50 |
| R-95 | 114733 | K 氏 | 戸山アパート | ○ | ○ | × | × | ○ | 1.3×2.5×2.3 | 12 | 3,000 | 120 | 1,300 |
| R-95 | 001337 | I 氏 | 上野台団地 | ○ | ○ | × | ○ | ○ | 2×3.5×2.5 | 50 | 430 | 90 | 1,450 |
| R-60 | 001458 | S 氏 | 石神井公団住宅 | ○ | ○ | × | × | ○ | 1.8×2.5×2.3 | 50 | 30 | 70 | 1,250 |
| R-95B | 170045 | K 氏 | 上野台団地 | ○ | ○ | ○ | × | ○ | 3×3×2.5 | 20 | 250 | 80 | 1,300 |

○……取扱い説明書の据付要求を満足している。

×……{ 直射日光――日光を受ける時がある。
熱物――コンロなどの発熱物が1m以内にある。
水，湿気――水道，流し場が1m以内にある。
空気流通，背面距離――100mm 以下。

* 日立製作所栃木工場

第2図　冷蔵庫周囲遮へいの外観

第3図　遮へい箱と冷蔵庫側面との距離

次のような結論を得た。調査結果の一例は**第1表**に示す。

(1)　**第1表**に示されているとおり，取扱説明書の据え付けに関する要求を満たしているものは皆無であった。特に背面と壁の距離が10 cm以内で凝縮器周辺の空気流通が悪いと判断された冷蔵庫は75%もあった。**第1図**はその一例を示したものである。

(2)　団地アパートの台所の大きさはだいたい5～10 m², 天井高さは2～2.5mであり，冷蔵庫は「便利第一」で選ばれた位置に配置されている。日立製作所が初めて世に送り出したキュービックタイプの冷蔵庫は，これら手狭な台所の据え付けに適しており，好評であった。

(3)　アパートでは台所の配置上，直射日光が避けられない場合もかなり多い。

(4)　団地は一般に都心から離れており，比較的静かな環境である。一方アパートの間取りの関係で，冷蔵庫のすぐ近くに寝室や居間があり，冷蔵庫の騒音に対する評価は一般家庭の場合よりもきびしい。

筆者らは，これら据え付けの悪条件により最も影響を受けると思われる冷蔵庫の3種の特性，すなわち冷却性能，外箱露付および騒音特性に着目して，据付条件との関係を求めることにした。

## 3.　据付条件の冷却性能に及ぼす影響

### 3.1　実　験　計　画

冷蔵庫の冷却性能を発揚する冷凍サイクルは圧縮機，凝縮器，キャピラリチューブおよび蒸発器などから成り立っている。凝縮器は冷凍サイクル中の冷媒が，循環中に蒸発器より奪ってきた熱を空気中に放熱する役目を果たす熱交換器であるので，前述のように，凝縮器周辺の空気流通が悪いと冷却性能は著しく低下することが予想される。冷却性能に関しての，工場内標準試験には，周囲温度35℃において冷蔵庫の各部が熱平衡に達するまで無負荷連続運転（定格周波数の定格電圧運転）を行なう冷力試験と，周囲温度30°Cにおいて冷蔵庫の各部が熱平衡に達するまで無負荷断続運転（定格周波数の定格電圧運転）を行なう断続試験とがある。冷力試験では冷蔵庫の各部の最終到達温度や，モータの運転特性などがチェックされ，断続試験では温度調節器の各ダイヤル位置に対する庫内温度，運転率{運転時間/(運転+停止)時間}×100%および消費電力などがチェックされる。筆者らは，現地の据付状況を工場内に再現させるために**第2図**のように遮へい箱を用いて冷蔵庫の周囲を遮へいし，冷力試験や断続試験を行ない，冷却性能の劣化の状況を調査した。なお，冷蔵庫の周囲遮へいについては，**第3図**に示したA，B，C寸法を**第2表**のように組み合わせて8種類とし，どのような遮へい条件が冷却性能を最も阻害するかを調査できるように準備した。

第2表　冷蔵庫周囲遮へいの種類

| 遮へい条件＼間隔 | 遮へい箱と冷蔵庫側面との距離 (mm) A | B | C | 備　考 |
|---|---|---|---|---|
| ① | — | — | — | 遮へいせず |
| ② | — | 10 | — | |
| ③ | 10 | 10 | — | |
| ④ | 10 | 10 | 10 | |
| ⑤ | 10 | 100 | 100 | |
| ⑥ | 100 | 10 | 100 | |
| ⑦ | 100 | 100 | 10 | |
| ⑧ | 100 | 100 | 100 | |

注 1.　上表の〔—〕印は遮へいしない場合で少なくとも500mm以上の距離がある。
注 2.　A.B.C.間隔は第3図を参照。

第3表　R-95形冷蔵庫の仕様

| 部　品 | 仕　様 |
|---|---|
| 圧縮機 | MD-650形　65W 2極モータ組込 |
| 蒸発器 | アルミシート式 |
| 凝縮器 | フイン形（機械室に内蔵） |
| 温度調節器 | F-3形 |
| 起動装置 | SD-650形　過負荷保護装置内蔵 |
| 有効内容積 | 91 l |
| 外箱 | SPC-1冷間圧延鋼板　メラミン樹脂焼付塗装 |
| 内箱 | SPC-1冷間圧延鋼板　エポキシ樹脂焼付塗装 |
| 断熱材 | グラスウール |
| 冷媒 | $CCl_2F_2$　0.16 kg 封入 |

### 3.2　供　試　品

本実験の性質上，供試品としては

(1)　アパートのように手狭な台所に好まれる95 l クラスの普及形であること。

(2)　周囲遮へいの影響が特に大きいと思われる機械室内蔵形の凝縮器を採用していること。

(3)　冷蔵庫用としては最小出力である65 W コンデンサモータを用いていること。

などの理由でR-95形冷蔵庫を選んだ。供試冷蔵庫の仕様を**第3表**に示す。

### 3.3　冷　力　試　験

(1)　実験結果

3.1に説明したように，冷力試験は普通，周囲温度が35°Cで行なっている。したがって，まず周囲温度35°Cのもとに，冷蔵庫の周囲を遮へいしないで（**第2表**①遮へい条件）冷力試験を行ない，次に同一の周囲温度のもとに，冷蔵庫周囲を遮へいして（**第2表**④遮へい条件）ふたたび冷力試験を行ない，両者の結果を比較した。さらに，④遮へいのときに得られた冷力特性とほぼ同じ特性

第 4 表　冷力試験　安定状態に於ける連続運転特性

| 周囲温度(℃) | 遮へい条件 | 蒸発器(℃) 入口 | 蒸発器(℃) 中間 | 蒸発器(℃) 出口 | 庫内(℃) | 凝縮器(℃) 入口 | 凝縮器(℃) 出口 | チャンバ(℃) | 機械室空間(℃) | 起動装置内部空間(℃) | 電流(A) | 入力(W) | モータ巻線温度上昇(deg.) | 圧力(kg/cm²G) 吸込圧力 PS | 圧力(kg/cm²G) 吐出圧力 Pd |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 35 | ① | −20.8 | −21.0 | −16.2 | −1.2 | 65.6 | 47.5 | 76.3 | 52.8 | 45.5 | 1.78 | 102 | 43.1 | 0.40 | 11.0 |
| 35 | ④ | −16.8 | −17.0 | −12.0 | 3.5 | 75.0 | 51.6 | 88.8 | 63.6 | 50.2 | 1.85 | 116 | 45.7 | 0.53 | 13.0 |
| 40 | ① | −17.8 | −18.1 | −12.8 | 2.7 | 70.5 | 52.0 | 81.0 | 60.5 | 51.0 | 1.83 | 105 | 44.0 | 0.54 | 12.8 |
| 42 | ① | −16.0 | −16.9 | −11.4 | 3.8 | 73.5 | 53.5 | 85.0 | 64.5 | 52.4 | 1.86 | 118 | 46.0 | 0.58 | 13.0 |

を遮へいなしの状態でうるには，周囲温度を何度にとればよいかを求めるために，周囲温度を40℃および42℃にした場合の冷力試験も行なってみた。**第4表**は上述の各冷力試験における安定状態の運転特性である。

（2）　結果の検討

冷蔵庫周囲遮へいのうち最も過酷な条件である④遮へいにおける冷蔵庫の冷力特性は遮へいしない場合に比べ次のような特色がある。

（a）　冷力特性の尺度として表現される庫内温度は④遮へい条件により4.7℃上昇した。

（b）　チャンバ外郭および凝縮器の温度は約10～12.5℃上昇しているが，これは遮へいによりチャンバおよび凝縮器からの自然放熱が阻害されたことによると推定される。

（c）　蒸発器，凝縮器出口の温度はそれぞれ4℃上昇した。

（d）　冷却速度においては遮へいの有無による差がほとんど認められない。

（e）　起動装置内部の温度（過負荷保護装置*の周囲温度に相当する）は4.7℃上昇し，約50℃に達したが電流は1.85Aであるから周囲温度35℃のもとに冷蔵庫が④遮へいされても使用中に過負荷保護装置は作動せず，また各部の異常発熱は認められないので実用上の支障はないと判断してよい。

なお起動装置の中に過負荷保護装置が内蔵されており，その作動特性，仕様には周囲温度50℃で2.5A通電しても無作動なることが規定されている。

（3）　④遮へい等価条件の検討

**第4表**において，周囲温度42℃で遮へいなしの冷力試験結果が周囲温度35℃，④遮へい条件の冷力試験結果とほぼ一致することがわかった。④遮へいという条件は周囲温度を約7℃高くすることとほぼ等価であるといえるが，わずか1台の供試品でこのような結論を出すことは早計である。筆者らはこの実験結果を裏づけるために，さらに若干の追加実験と熱計算を下記の手順により行なった。

冷力試験の安定状態においては，冷凍能力と熱漏えい量とは平衡状態になっている。冷凍能力に関しては，**第4表**の結果より熱計算して求め，熱漏えい量に関しては追加実験により求めて

熱漏えい量(kcal/h)＝冷凍能力(kcal/h)

の精度を確かめ，次に④遮へいされた場合の冷凍能力を計算し，熱漏えい曲線より④遮へいの等価周囲温度を求めてみた。

いま冷凍能力を計算するために**第4表**の結果と，$CCl_2F_2$モリエル線図より熱計算諸値を**第5表**のように定めた。

圧縮機の空気容積効率は，圧縮比$\gamma$と吸込圧力$P_s$によって定まるが遮へいしない場合の空気容積効率を$\eta_{air}$，遮へいした場合を$\eta'_{air}$とすれば，MD-650形圧縮機では

$$\eta_{air}(\gamma=8.57,\ P_s=1.4\,\mathrm{kg/cm^2})=0.673 \quad \cdots\cdots(1)$$

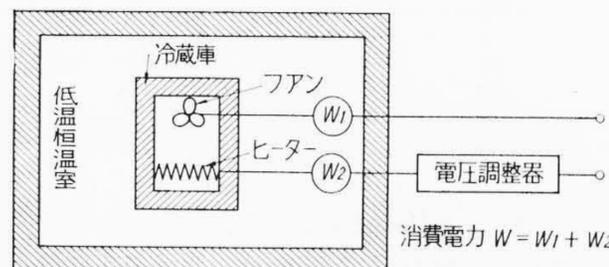
$$\eta'_{air}(\gamma=8.87,\ P_s=1.58\,\mathrm{kg/cm^2})=0.699 \quad \cdots\cdots(2)$$

となる。空気容積効率を冷媒容積効率に換算するのに

$$\eta_R=1-(1-\eta_{air})\frac{\gamma^{\frac{1}{\varepsilon_r}}-1}{\gamma^{\frac{1}{1.4}}-1} \quad \cdots\cdots(3)$$

第5表 熱　計　算　諸　値

| 項目 ＼ 周囲温度 / 遮へい | | | 35℃ 遮へいなし | 35℃ ④遮へい |
|---|---|---|---|---|
| 吐出ガス圧力 | $Pd$ | (kg/cm²) | 12.0 | 14.0 |
| 凝縮温度 | $Tc$ | (℃) | 47.5 | 51.6 |
| 凝縮点エンタルピ | $i_2$ | (kcal/kg) | 109.6 | 112.0 |
| 吸入ガス圧力 | $Ps$ | (kg/cm²) | 1.40 | 1.58 |
| 蒸発器出口のエンタルピ | $i_1$ | (kcal/kg) | 135.5 | 135.8 |
| 吸入ガス温度※ | | (℃) | 86.1 | 99.1 |
| 比体積 | $v$ | (m³/kg) | 0.180 | 0.165 |
| 圧縮比 | $\gamma$ | | 8.57 | 8.87 |

※ 吸入ガス温度(℃)＝$\frac{\text{チャンバ温度＋(モータ巻線温度上昇＋機械室空間温度)}}{2}$

第4図　熱漏えい量実験装置説明図

ここに　$\varepsilon_r$：冷媒比熱比（1.136）

を用い，（1），（2）式を代入して

$$\eta_R=0.501 \quad \cdots\cdots(4)$$

$$\eta'_R=0.543 \quad \cdots\cdots(5)$$

をうる。冷媒循環量$G_R$は

$$G_R=\frac{V_{th}\cdot\eta_R}{v}$$

ここに　$v$：比体積（m³/kg）

$V_{th}$：圧縮機の理論押しのけ量（m³/h）

で与えられるので**第5表**の$v$の値および（4），（5）式を代入して

$$G_R=1.58\,\mathrm{kg/h} \quad \cdots\cdots(6)$$

$$G'_R=1.87\,\mathrm{kg/h} \quad \cdots\cdots(7)$$

ここで$V_{th}$は，モータ回転数のすべりを5%と仮定し，0.570m³/hとして計算した。

冷凍能力は

$$Q_R=G_R(i_1-i_2) \quad \cdots\cdots(8)$$

ここに　$(i_1-i_2)$：蒸発器における蒸発熱量（kcal/kg）

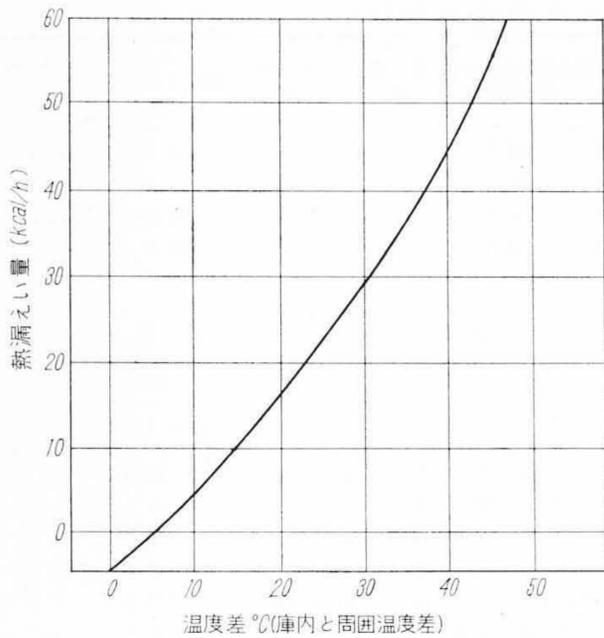
で与えられるので**第5表**の数値および（6），（7）式を代入して

$$Q_R=40.8\,\mathrm{kcal/h} \quad \cdots\cdots(9)$$

$$Q'_R=44.5\,\mathrm{kcal/h} \quad \cdots\cdots(10)$$

をうる。

一方熱漏えいに関しては，次のような実験を行なった。まず**第4図**に示したように，供試冷蔵庫を低温恒温室の中に設置し，周囲温度を5℃に制御し，冷蔵庫の庫内には電圧調整器を介したヒータと，ファンを入れ連続通電し，庫内の温度と周囲の温度とが熱平衡状態になったときの消費電力量(W)を求め，発熱量(kcal/h)に換算して熱漏えい量とした。**第5図**は上述の実験方法により得られたR-95形冷蔵庫の各温度差における熱漏えい曲線である。

以上の冷凍能力理論値と**第5図**の熱漏えい実験値より，下記のことが推論される。

第5図　R-95 形冷蔵庫の熱漏えい曲線

第6表　断続特性規格

| ダイヤルノッチ | 庫内温度 (℃) | 運転率 (%) |
|---|---|---|
| 1 | 10 ± 2 | — |
| 4 | 5 ± 2 | 40%以下 |
| 7 | 0 ± 2 | — |

ただし，周囲温度　30℃　　電圧　100V　　周波数　50/60/c/s

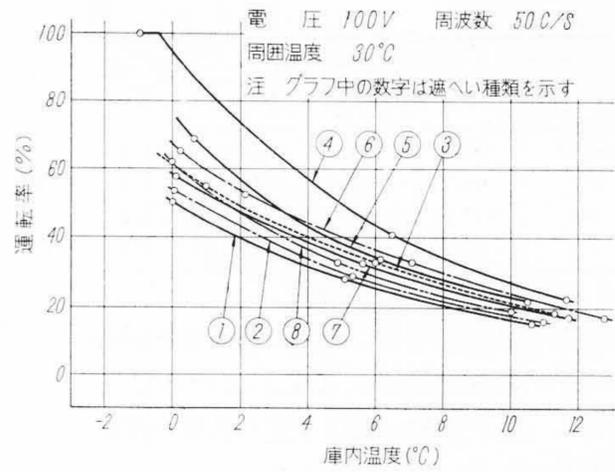
周囲温度35℃の冷力試験安定状態における冷凍能力 $Q_R$ の計算値は40.8 kcal/h, 温度差が，周囲温度－庫内温度＝{35－(－1.2)}＝36.2℃ のときの熱漏えい量は**第5図**より 38.5 kcal/h となり，計算値のほうが2.3 kcal/h 多い。温度に換算して約 2℃の誤差である。一方④遮へいした場合の冷凍能力 $Q'_R$ は 44.5 kcal/h であるから等価周囲温度は，**第5図**の 39.5℃ と④遮へい時の冷力庫内温度3.5℃を加えた43℃となり，前述の誤差を考慮しても 41～43℃になると推定され，**第4表**の実験と一致していることが確認された。したがって周囲温度35℃で④遮へいするという条件は，周囲温度を7℃上昇せしめた過酷程度と等価であるという結論を得た。

### 3.4 断続試験

(1)　実験結果

冷蔵庫が実際に使用される運転状況は断続運転であり，蒸発器に取り付けられた温度調節器の感熱部の温度によって運転したり停止したりする構造になっている。したがって庫内温度はその温度調節器により間接的に制御される。温度調節器のダイヤルには OFF, 1, 2, ………, 6, 7, Ice の合計10目盛が刻まれ，気温や用途によって，ダイヤルを適当なノッチに合わせるようになっている。断続試験は一般に周囲温度を30℃にして行なわれ，ダイヤルノッチと庫内温度の関係は**第6表**を満足するよう工場内の規格で定められている。このような断続運転特性が，**第2表**に掲げた種々の遮へい条件により，いかに変化するかを実験し，**第6図**のような結果を得た。

(2)　結果の検討

**第6図**は遮へい条件の種類をパラメータとして横軸に庫内温度，縦軸に運転率をとったものであり，同一庫内温度に対して運転率が大きいほど，あるいは同一運転率に対して庫内温度が高いほど，断続特性が劣っていると判断すればよい。庫内温度を0，5，10℃ の場合の運転率を遮へいの種類別に整理すると**第7表**のようになる。いま，庫内温度が5℃のときの②～⑧までのおのおのの遮へいにおける運転率と①遮へいにおける運転率との比を遮へい度と定義すれば，遮へい度の大きなものほど，過酷な条件であることになる。この考え方で遮へいなしを含めた8種類の遮へい条件の過酷順位をつけてみると**第8表**のようになる。以上の検討結果より下記の結論を得た。

第6図　冷蔵庫周囲遮へいによる断続特性の変化
(庫内温度と運転率の関係)

第7表　遮へいによる運転率変化の比較

| 庫内温度(℃) ＼ 遮へい | 運転率 (%) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ |
| 0 | 50 | 54 | 62 | 94 | 76 | 67 | 59 | 61 |
| 5 | 29 | 30 | 36 | 50 | 38 | 41 | 35 | 32 |
| 10 | 16.5 | 17.0 | 21 | 27 | 23 | 24 | 20.5 | 18 |

第8表　遮へいの過酷順位

| 過酷順位 | 遮へい度 | 遮へい種類 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 1 | 1.72 | ④ | 左右側面および後面，上面 10mm 遮へい |
| 2 | 1.41 | ⑥ | 左右側面および上面 100mm，後面 10mm 遮へい |
| 3 | 1.31 | ⑤ | 左右側面 10mm，後，上面 100mm 遮へい |
| 4 | 1.24 | ③ | 上面遮へいなし，左右側面および後面 10mm 遮へい |
| 5 | 1.21 | ⑦ | 左右後面 100mm 上面 10mm 遮へい |
| 6 | 1.10 | ⑧ | 左右側面，後面，上面 100mm 遮へい |
| 7 | 1.03 | ② | 冷蔵庫後面のみ 10mm 遮へい |
| 8 | 1.0 | ① | 各面遮へいなし |

第7図　周囲温度と断続特性の関係

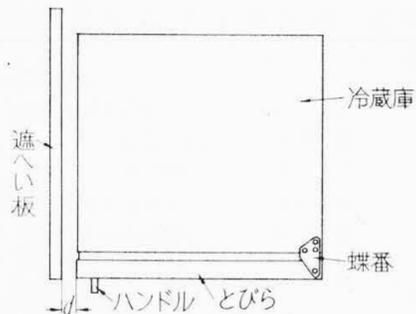
(a)　一般に消費電力量は運転率に比例するので，遮へい度はそのまま消費電力量の比と考えてよい。たとえば①条件で消費電力料金が300円であったとすると，④遮へい条件で使用した場合 300×1.72＝516 円になるわけである。

(b)　遮へい度が 1.1 以下であれば冷蔵庫の断続特性に与える影響はわずかであり，無視できると考えてよいであろう。

(c)　左右側面，後面および上面が遮へいされていても，距離がそれぞれ100 mm以上ならばその遮へい度は1.1程度である。

(d)　上面が遮へいされていなくとも，左右側面および後面が距離 10 mm に遮へいされていると遮へい度は1.24となる。後面遮へいが特に大きな影響を与えていると考えられる。

③④遮へい等価条件の検討

周囲温度30℃, ④遮へいと等価とみなしうる周囲温度を見出すために周囲温度のみを種々に変えて断続試験を行ない，その結果を**第7図**に示した。なお図中に周囲温度30℃, ④遮へいの断続特

第8図　露付試験における遮へい

注　1. 露滴下　露玉　曇り
2. 100V, 50%　7ノッチ断続運転

第9図　遮へい距離と露付との関係

性も入れてみた。本結果より判断すると等価周囲温度は約36℃であることがわかる。

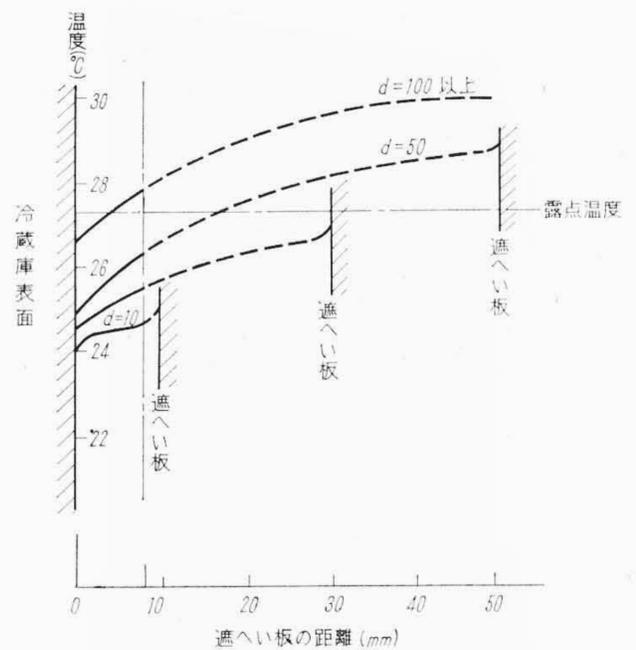
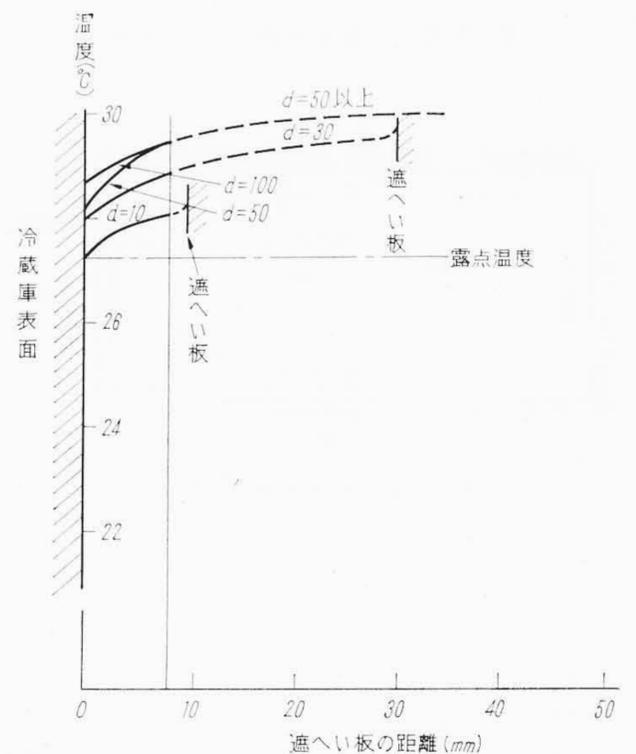
以上遮へい条件と冷却性能について検討した結果，据え付けの最悪条件と考えられる④遮へい条件においては，周囲温度が約7℃上昇させたときに得られる冷却性能とほぼ同等の冷却性能を示すことが理解された。換言すれば，われわれが工場内で従来行なってきた試験時の周囲温度を7℃高くして冷却性能を試験すれば，現地据付の最悪状態の冷却性能をは握することができることを示している。

## 4.　据付条件の外箱露付に及ぼす影響

### 4.1　実　験　計　画

冷蔵庫の運転中は，周囲温度と外箱表面温度に温度差が生じて，露付現象を起こす。工場では周囲温度30℃，相対湿度85%の室内に温度調節器のダイヤルを7ノッチにして断続運転させた場合の，外箱に生ずる露付寸法を測定して露付特性を評価している。ところが同一周囲条件でも，外箱に異物が近接するとその部分の露付状況が悪くなるということが経験的に知られていた。現地の据付条件の実態調査でも，冷蔵庫のすぐわきに戸棚とか壁が近接している場合が多いことがわかったので**第8図**に示したように冷蔵庫側面に遮へい板を近接させ，その距離 $d$ を種々に変えて露付試験を行ない，外箱露付の状況を調査することにした。

### 4.2　実験結果とその検討

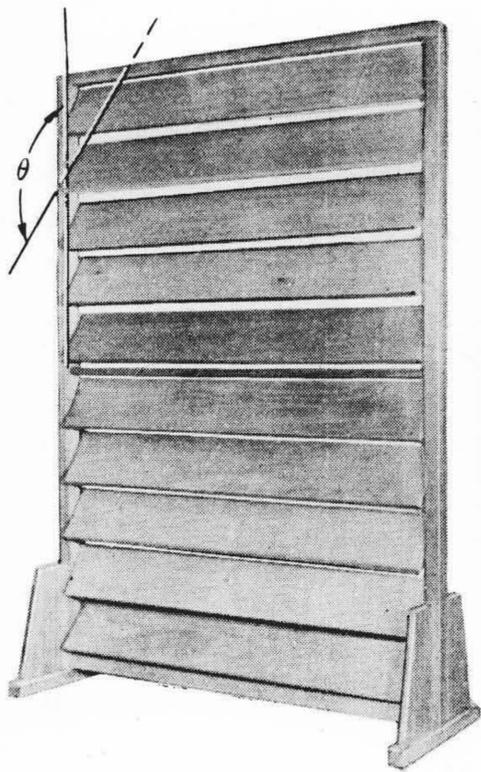
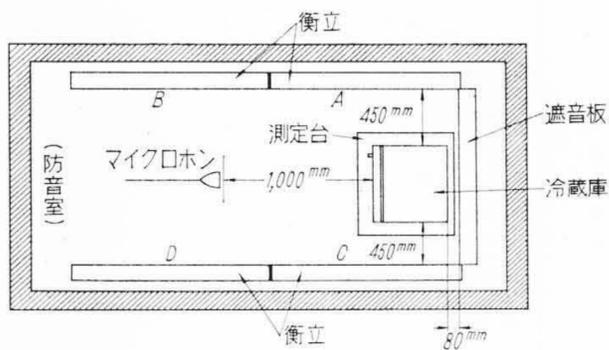
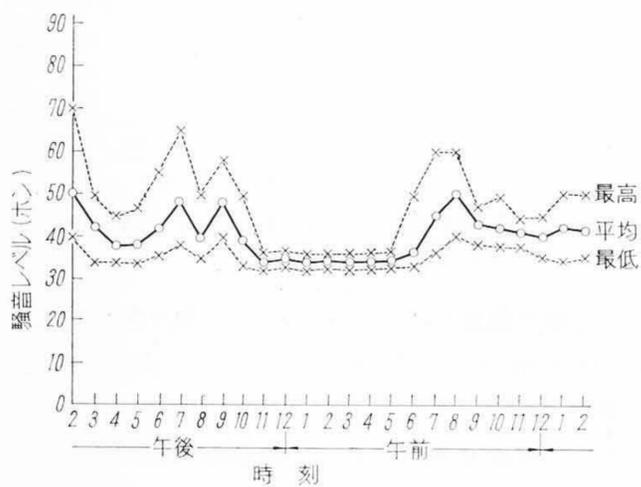
周囲温度 30℃，相対湿度85%における冷蔵庫外箱遮へい面の露付状況を**第9図**に示す。遮へい板と外箱との距離 $d$ により露付状況が著しく変わることがわかる。いま**第9図**において，距離 $d$ のいかんを問わず，露付を生じた図示B点と，距離 10 mm 遮へいのときのみ表面に曇を生じた図示A点とに注目し，遮へい距離と外箱表面温度との関係を求めると**第10～11図**のようになる。すなわちB点の場合は**第10図**に示されたように遮へい距離が変わると点Bの表面温度も変化するがいずれも露点温度以下である。A点の場合は，距離 10 mm の遮へいのときだけちょうど露点温度に達し，それ以上の距離

第10図　遮へい板距離と温度（B点）

第11図　遮へい板距離と温度（A点）

ではいずれも離点温度以上となっていて，**第9図**の結果を裏づけている。$d$=100 mm 以上と $d$=10 mm とでは表面温度に約1.5℃の差があり，周囲の相対湿度は約10%高くなっていることがわかった。したがって，相対湿度85%，遮へい板距離 10 mm という条件下で得られる外箱露付状況は，相対湿度95%の露付試験によって再現できることがわかった。

## 5.　据付環境の騒音に及ぼす影響

### 5.1　実　験　計　画

アパートにおいては，冷蔵庫の騒音に対する評価が特にきびしいことは前述したとおりである。筆者らはまずアパートの暗騒音はどの程度であるかを求めるために，実際に測定してみることにした。

普通工場内の冷蔵庫騒音試験は所定の防音室内で，冷蔵庫前方1mにおけるレベルやスペクトルを測定しているが，アパートのように狭い台所では，音場が異なっているので騒音レベルがかなり異なることが予想される。そこで防音室の音響特性を可変にするために**第12図**に示すような反射板を有する衝立(ついたて)を用意し，任意の音場を防音室内に再現させ，冷蔵庫騒音レベルの変化を調査した。予備実験により部屋の残響時間特性が特に騒音レベルに大きな影響を与えることが知られたので，特にその関係について詳細に実験を行なった。

第12図　反射板外観図（$\theta$：開度）

第13図　可変音場の説明図

第14図　アパートの台所における暗騒音
東京霞ヶ丘団地（昭和36.3.16調査）

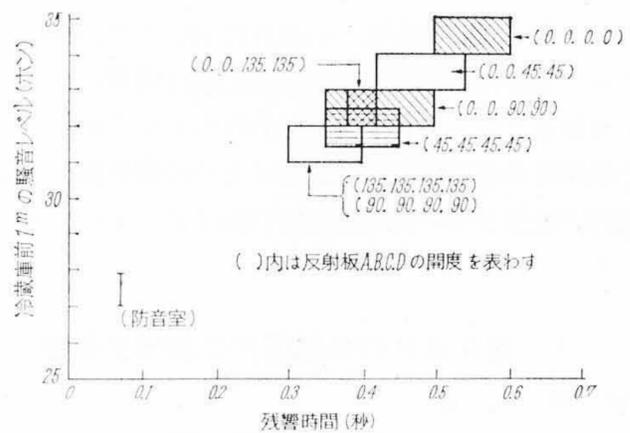
第9表　供試機器および実験装置

| 名　称 | 仕 | 様 |
|---|---|---|
| 防　音　室 | 大きさ | 2.5×2.5×3.5 (m) |
| | 暗騒音 | 17～20 ホン |
| | 残響時間 | 0.067 秒 |
| | 逆2乗則 | 冷蔵庫台より前方1mまではOK |
| | 遮音力 | 1,000 c/s　40 dB |
| 冷　蔵　庫 | R-95形冷蔵庫 | |
| 騒　音　計 | B & K 社製可聴周波数スペクトルレコーダ付騒音計 | |

第10表　反射板開度と残響時間との関係

| 反射板開度（度） | | | | 残響時間 (s) |
|---|---|---|---|---|
| A | B | C | D | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 ～ 0.60 |
| 0 | 0 | 45 | 45 | 0.42 ～ 0.54 |
| 0 | 0 | 90 | 90 | 0.35 ～ 0.5 |
| 0 | 0 | 135 | 135 | 0.38 ～ 0.42 |
| 45 | 45 | 45 | 45 | 0.35 ～ 0.45 |
| 90 | 90 | 90 | 90 | 0.3 ～ 0.4 |
| 135 | 135 | 135 | 135 | 0.3 ～ 0.4 |
| 防　音　室 | | | | 0.067 |

第11表　台所の残響時間の一例

| 音場 | | | 残響時間 (s) | 暗騒音 (ホン) |
|---|---|---|---|---|
| 場　所 | 大きさ ($m^3$) | そ　の　他 | | |
| H氏宅台所 | 3×4×3 | 木造平屋 | 0.36～0.40 | |
| N氏宅台所 | 4×4×3 | 鉄筋コンクリート造 | 0.28～0.34 | |
| モデルルーム | 3.6×3.9×2.6 | 木造洋室 | 0.44～0.48 | 35～37 |
| 湯沸し室 | 2.7×4.5×2.7 | モルタル仕上げ | 0.50～0.59 | 27～32 |

第15図　防音室の残響時間と騒音レベルとの関係

### 5.2　供試機器および実験装置

騒音実験に供した機器仕様は第9表に示す。また実験装置としては第9表に示した特性を有する防音室内に，第12図の衝立を第13図のように冷蔵庫の周囲に配置し，反射板の開度$\theta$を0°, 45°, 90°, ………と変えることによって，防音室の残響時間特性を変化させた。なお残響時間はピストル発射騒音レベルの減衰曲線をレベルレコーダに記録させて求めた。

### 5.3　暗騒音の冷蔵庫騒音に及ぼす影響

東京郊外の比較的閑静な団地を選び，台所の片隅に第9表に示した騒音計を持ち込み，昼夜の暗騒音を連続的に記録した。第14図はその代表的なもので，最も小さいレベルを記録したデータの一例であるが，23時より翌朝5時ころまでは最小32ホンとなった。

二つの騒音源が同一の音場におかれた場合の複合音は一般に，次のように表わされる。

$$\left.\begin{aligned} L_1 &= 10\log\frac{I_1}{I_0} \\ L_2 &= 10\log\frac{I_2}{I_0} \end{aligned}\right\} \cdots\cdots(11)$$

ここに　$I_0$：音の強さ　$10^{-16}$ W/cm²

$I_{1,2}$：騒音源1, 2の音の強さ

$L_{1,2}$：騒音源1, 2の騒音レベル(ホン)

$L_1-L_2=n$ とすると

$$\frac{I_2}{I_1}=10^{-\frac{n}{10}} \cdots\cdots(12)$$

複合音レベル $L_3$ は

$$L_3=L_1+10\log(1+10^{-\frac{n}{10}}) \cdots\cdots(13)$$

となる。いま暗騒音を $L_1=32$ とおき，その音場で冷蔵庫騒音を35ホンに押えるには，$L_3=35$ として(13)式に代入すれば

$n=0$

すなわち $L_2=L_1=32$ となり，暗騒音の影響のない防音室内では32ホン以下でなければならないことになる。

### 5.4 残響時間特性の冷蔵庫騒音に及ぼす影響

反射板の開度を0度，45度，90度，135度にした場合の防音室の残響時間特性は第10表のようになった。また残響時間と冷蔵庫騒音レベルとの関係は第15図のように求められた。

防音室における測定レベルと，残響時間の最も大きい0.50～0.60秒の音場における測定レベルとでは7ホンの差が認められた。実際にアパートの台所の残響時間を実測した結果第11表を得た。筆者らが防音室内に再現させた残響時間とほぼ一致しており，現地では工場内の冷蔵庫騒音レベルより約7ホンも大きい状態で評価されていることが判明した。

## 6. 結　言

団地のアパートにおける冷蔵庫の据付状況の実態調査と，それら据付条件の性能に与える影響を調査し，

（1） 現地の使用状況を工場内に再現できる方法が確立されたこと。

（2） 現地据付の最悪条件を想定した遮へい試験を試作品検討項目にとり入れて，潜在不良の早期発見の手段として有効であったこと。

（3） 冷蔵庫の性能改善の指針を示し得たこと。

などの成果を収めることができた。また一方これらの試験により日立冷蔵庫はかなり過酷な据付状態においても，その機能を十分に発揮できるという信頼性に対する確認ができた。

本研究にあたり現地の実態調査にご協力をいただいた東京営業所商品部備前課長に謝意を表する。

## 新案の紹介

登録新案第560355号　長堀金記

### ブッシングの負荷試験装置

特高圧ブッシングの負荷試験を実施するに当たり，通常回路電圧に相当する高電圧と，負荷電流に相当する大電流とをそれぞれ別々に供給することが行なわれるが，従来のこの種試験装置では供試ブッシングの他に電流供給用の補助ブッシングを要し，また電流供給用変圧器には，試験変圧器の高電圧に十分耐えうる絶縁を施さねばならず，試験設備が高価となる。

この考案では，これを改良するため台わく10上に油入がい管11を設け，このがい管上に供試ブッシング4を載置し，このがい管11側の端子は接地引出端子12を通して接地し，供試ブッシング4の外部線路端子6と引出端子12間には，電流供給用変圧器9より大電流を供給してブッシング中心導体へ電流損失を供給し，また取付つば金3と大地間には，試験用変圧器7より高電圧を印加して誘電体損失を供給するようにしたものである。

したがって，この考案によれば，供試ブッシング4の外部線路端子6には高電圧が直接印加されないので，電流供給用変圧器9の一次および二次巻線間の絶縁階級を低下させることができると共に，補助ブッシングを必要としないから，この種ブッシングの試験装置を安価に構成できる。　（須　田）